

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-021738

(43)Date of publication of application : 26.01.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/10

G02B 6/00

H01S 3/10

(21)Application number : 11-196870

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 12.07.1999

(72)Inventor : ENOMOTO TADASHI

ISHIKAWA SHINJI

MOBARA MASAICHI

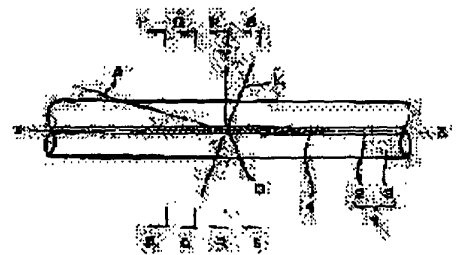
HARUMOTO MICHIKO

### (54) OPTICAL WAVEGUIDE TYPE FILTER AND MANUFACTURE THEREOF, AND OPTICAL FIBER AMPLIFIER

#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce polarization dependency of a shielding amount in an optical waveguide type filter to utilize it for a gain equalizer and the like of an optical fiber amplifier.

SOLUTION: A periodic fluctuation part 4 is provided in one part in a longitudinal direction of an optical waveguide such as an optical fiber to make a straight line A perpendicular to an equi-plane of the fluctuation part 4 inclined with respect to an optical axis X of the optical waveguide, and a plane formed by the optical axis X and the line A crossed to it, i.e., a deflection angle face M, is made to include a portion not existing within a coplanar plane according to a longitudinal position of the optical waveguide, by twisting method or the like. A deflection angle direction Y in a longitudinal direction of the waveguide is thus changed, and polarization in the deflection angle direction Y and polarization in a direction perpendicular to the direction Y are made to be negated each other to provide an optical waveguide type filter of low deflection angle dependency.



#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(2)

特開2001-21738

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波路の長手方向の一部に周期的変動部を設けた光導波路型フィルタにおいて、該周期的変動部の等位面に対する垂直な直線が前記光導波路の光軸に対して傾きをもっており、該光導波路を捻回を与えずに直線状にしたとき、前記周期的変動部中の光軸上の任意の点を通る直線であってかつ前記任意の点を通る等位面に対して垂直な直線と前記光軸とがなす平面は、光導波路の前記任意の点の長手方向の位置によって同一平面でない箇所があることを特徴とする光導波路型フィルタ。

【請求項2】 前記平面は、光導波路の長手方向に対して光軸周りに回転している部分を有することを特徴とする請求項1に記載の光導波路型フィルタ。

【請求項3】 前記周期的変動部は光導波路の長手方向に複数の群に分かれており、各群内においては前記平面は同一平面であり、ある群と別の群の間では前記平面は同一平面でないことを特徴とする請求項1に記載の光導波路型フィルタ。

【請求項4】 前記周期的変動部は光導波路の長手方向にN個の群に分かれており、各群の前記平面は光軸の周りに90度/(N-1)ずつずれていることを特徴とする請求項3に記載の光導波路型フィルタ。

【請求項5】 光導波路の長手方向の一部に周期的変動部を設けた光導波路型フィルタの製造方法において、該周期的変動部の等位面に対する垂直な直線が前記光導波路の光軸に対して傾きをもつように、かつ前記光軸上の任意の点を通る直線であってかつ前記等位面に対して垂直な直線と前記光軸とがなす平面が同一平面となるように光導波路に周期的変動部を形成し、その後該光導波路の周期的変動部を形成した部分を長手方向に光軸周りに捻回させて該捻回が戻らないように固定することを特徴とする光導波路型フィルタの製造方法。

【請求項6】 前記光導波路の長手方向に光軸周りに捻回させるに際し、該光導波路の偏波依存損失をモニターしながら該捻回を行い、偏波依存損失が最小になったところで光導波路の捻回が戻らないように固定することを特徴とする請求項5に記載の光導波路型フィルタの製造方法。

【請求項7】 光導波路の長手方向の一部に周期的変動部を設けた光導波路型フィルタの製造方法において、光導波路の一部を長手方向に光軸周りに捻回させて、該捻回した光導波路に対して、周期的変動部に対して垂直な直線が前記光導波路の光軸に対して傾きをもつように、かつ前記光軸上の任意の点を通る直線であってかつ前記等位面に対して垂直な直線と前記光軸とがなす平面が同一平面となるように該光導波路の一部に周期的変動部を形成し、その後該光導波路の捻回を元に戻すことを特徴とする光導波路型フィルタの製造方法。

【請求項8】 少なくともエルビウムドープ光ファイバと励起レーザ光源とを含む光ファイバ増幅器において、

光導波路の長手方向の一部に周期的変動部を設け、該周期的変動部の等位面に対して垂直な直線が前記光導波路の光軸に対して傾きをもっており、該光導波路を捻回を与えずに直線状にしたとき、前記周期的変動部中の光軸上の任意の点を通る直線であってかつ前記任意の点を通る等位面に対して垂直な直線と前記光軸とがなす平面が、光ファイバの前記任意の点の長手方向の位置によって同一平面でない部分を有する光導波路型フィルタを、利得等価器として増幅器回路中に挿入したことを特徴とする光ファイバ増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ等の光導波路の長手方向の一部に、屈折率の周期的変化等の周期的変動部を形成した光導波路型フィルタ、及びその製造方法、並びにその光導波路型フィルタを使用した光ファイバ増幅器に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバの一部に比較的長周期の屈折率の周期的変動部を形成した長周期型傾斜型光ファイバグレーティングは、JOURNAL OF LIGHT WAVE TECHNOLOGY, VOL. 14, NO. 1, 58~65頁、A. M. Vengsarkar 他、「Long-Period Fiber Grating as Band-Rejection Filters」等にて知られている。

【0003】 また、光ファイバの一部に比較的短周期の周期的変動部をその等位面に対する垂直な直線を光ファイバの光軸に対して傾斜させて形成した傾斜型光ファイバグレーティングは、ELECTRONICS LETTERS, Vol. 29, No. 2, 154~156頁、R. Kashyap 他、「WIDEBAND GAIN FLATTENED ERBIUM FIBRE AMPLIFIER USING A PHOTOREFRACTIVE FIBRE BLAZED GRATING」OPTICS LETTERS, Vol. 20, No. 18, 1838~1840頁、T. Erdogan 他、「Radiation-mode coupling loss in tilted fiber phase gratings」等の文献で知られている。

【0004】 これら長周期型光ファイバグレーティング、傾斜型光ファイバグレーティングは共に光導波路を基にしたもので、波長1.5μm帯等の波長選択型ロスフィルタとして機能し、同じ機能を持つエタロン等の光部品と比較すれば、光ファイバ等の光導波路との接続が容易で、挿入損失が少ないという利点を有している。

【0005】 長周期型光ファイバグレーティングは、感光性ドーパントを有する光ファイバの一部に、数百μmのマスキング周期を有するマスクプレートを使って紫外

(3)

特開2001-21738

3

線を照射し、光ファイバに数百 $\mu\text{m}$ の周期で屈折率の変動部を形成したものである。

【0006】この長周期型光ファイバグレーティングは、光ファイバ上に被覆層を設けると波長選択型ロスフィルタとしての機能発現に必須のクラッド全体に形成される漏洩モードが変化・消失し、遮断スペクトルが変化するため、被覆層を設けることが困難である。ところが被覆層を設けないと光ファイバを傷つけて破断させる危険性が大きく取り扱いが容易ではない。また、長周期型光ファイバグレーティングは、遮断中心波長がコア・クラッドの屈折率差に大きく左右され、コア・クラッドの屈折率差は温度によって大きく変化するため、温度が変化すると遮断中心波長が変化するという現象が起こる。

【0007】一方、傾斜型光ファイバグレーティングは、このような長周期型光ファイバグレーティングの欠点を有してはいないので、波長選択型ロスフィルタとしてはより好ましい形態とされている。

【0008】図12は、傾斜型光ファイバグレーティング（以下「傾斜型FG」という。）の一例を示す図であって、図12（A）は縦断面図、図12（B）は横断面図、図12（C）は斜視図である。図12において、1は光ファイバ、2はコア、3はクラッド、4は屈折率の周期的変動部、Aは周期的変動部中の光軸上の任意の点Oを通る直線であってかつ前記任意の点を通る等位面Lに対して垂直な直線、Xは光軸、Yは偏角方向、Lは等位面、Mは周期的変動部中の光軸上の任意の点Oを通る直線であってかつ前記任意の点を通る等位面Lに対して垂直な直線Aと光軸Xとがなす平面であって偏角面とも言う、Oは任意の点、 $\theta$ は傾斜角である。

【0009】この傾斜型FGは、コア2とクラッド3からなる光ファイバ1の長手方向の一部に屈折率が周期的に変化した部分、即ち周期的変動部4を形成したものであって、周期的変動部4における屈折率が等位なる平面、即ち等位面Lは光ファイバ1の光軸Xに対して垂直な平面から傾いている。また、傾斜型FGの周期的変動部中の任意の点Oを通る等位面Lに対して垂直な直線Aは光軸Xに対して傾きをもっており、直線Aと光軸Xとのなす角は傾斜角 $\theta$ である。

【0010】また、偏角面Mの平面内において、点Oを通り光軸Xに対して直角な方向を、偏角方向Yとする。従って、光軸X、直線A、偏角方向Yは、全て偏角面Mの平面内にある。

【0011】従来から知られている傾斜型FGにおいては、周期的変動部4の中で任意の点Oの位置が変わっても、等位面Lは全て平行である。従って、周期的変動部4の任意の点Oの位置が変わっても、偏角面Mは同じ平面であり、偏角方向Yは常に平行で一方方向を向いている。

【0012】また、このような傾斜型FGは、次のようにして製造される。図13は、製造方法の主要部を示す

4

図であって、図13（A）は斜視図、図13（B）は横断面図である。図13において、5は位相格子、6は格子面、7はエキシマレーザ、8は紫外線である。コア2にゲルマニウム等の感光性ドーパントを含んだ光ファイバ1を、通常 $1\mu\text{m}$ 程度のピッチで数千本～数万本の溝状凹凸からなる格子面6を形成した位相格子5と平行に配置して、エキシマレーザ7を使って紫外線8を位相格子5を通して光ファイバ1に照射する。そうすると、位相格子5の格子面6によって、紫外線8の干渉縞が生じ、その干渉縞が光ファイバ1に照射される。また、紫外線光源としてはエキシマレーザ以外にアルゴンレーザを使うこともある。

【0013】光ファイバ1のコア2は紫外線の強弱に応じて屈折率が変化するので、紫外線の干渉縞によって、光ファイバ1には屈折率の周期的変動部4が形成される。また、格子面6の溝方向を光ファイバ1の光軸に直角な方向に合わせておけば、周期的変動部4の等位面に対して光軸が垂直な通常の光ファイバグレーティングが得られ、光ファイバ1の光軸Xに直角な方向に対して、格子面6の溝方向を5度程度傾けておけば、周期的変動部4の等位面に対する垂直な直線が光軸に対して傾いた、所謂傾斜型FGが得られる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】傾斜型FGを波長選択型ロスフィルタとして使用する場合、先に説明したように長周期光ファイバグレーティングに比較して温度変化に対する遮断中心波長の変動が少なく、また光ファイバ上に被覆層を設けることが出来るため、取り扱いが容易という利点がある。

【0015】しかし、この従来技術による傾斜型FGの周期的変動部は、偏角方向が常に一定の方向を向いており、偏角方向の偏波と偏角方向に対して垂直方向の偏波に対する遮断特性は異なっているため、傾斜型FGとしての遮断特性は偏波依存性を有する。そして、この偏波依存性は傾斜型FGを光ファイバ増幅器等に使用したとき、利得が信号光の偏波状態によって変わるという問題をもたらすことがある。

【0016】本発明は、偏波依存性を少なくした傾斜型FGを使った光導波路型フィルタ及びその製造方法、並びにその光導波路型フィルタを使用した光ファイバ増幅器を提供するものである。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路型フィルタは、光導波路の長手方向の一部に屈折率の周期的変化等の周期的変動部を設け、該周期的変動部の等位面に対する垂直な直線が前記光導波路の光軸に対して傾きをもつようにする。そして、該光導波路を迂回を与えずに直線状にしたとき、周期的変動部中の光軸上の任意の点を通る直線であってかつ前記任意の点を通る等位面に対して垂直な直線と前記光軸とがなす平面即ち偏角面が、

50

(4)

特開2001-21738

5

光導波路の前記任意の点の長手方向の位置によって同一平面でない部分を含むようにし、光導波路の長手方向に偏角方向を変えた部分を作る。このようにすることによって、偏角方向の偏波と偏角方向に対して垂直方向の偏波とに対する遮断特性の差を光導波路の長手方向に打ち消し合うようにして、遮断特性の偏波依存性を小さくする。

【0018】光導波路の長手方向の位置によって偏角方向を変える方法としては、まず光導波路の長手方向に偏角方向が変化しない傾斜型FGを作って、それを光導波路の光軸周りに捻回させることによって、光導波路の長手方向に偏角方向を変える方法と、まず光導波路の一部を光軸周りに捻回させて、その捻回部分に偏角方向が変化しない傾斜型FGを形成し、その後捻回を元に戻して偏角方向を光導波路の長手方向に変化させる方法がある。

【0019】また、光導波路の長手方向に偏角方向の変化しない傾斜型FGを複数個作って、それらを互いに偏角方向が異なるように光軸周りに回転角を変えて回転させて、それらを互いに融着接続して1本の光導波路とすることによって、長手方向に偏角方向が変化した光導波路型フィルタを形成することが出来る。

【0020】更に、光導波路の長手方向に一部に偏角方向の変化しない周期的変動部を形成し、そこから長手方向に離れた箇所において、光導波路を光軸周りに回転させて前の周期的変動部の偏角方向とは異なる偏角方向を有する周期的変動部を形成し、このような操作を複数回繰り返すことによって、光導波路の長手方向に互いに偏角方向の異なる周期的変動部を複数箇所形成することで、長手方向に偏角方向が変化した光導波路型フィルタを形成することも出来る。

【0021】また、以上のようにして形成した本発明にかかる光導波路型フィルタを少なくともエルビウムドープ光ファイバと励起レーザ光源とを有する光ファイバ増幅器の回路中に挿入することによって、利得等価器として作用させ、大きな波長幅で増幅スペクトル特性を平坦化することが出来る。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は本発明の光導波路型フィルタの実施形態を示す図であって、図1(A)は縦断面図、図1(B)はP、Q、R、Sの各位置における各横断面図である。1は光ファイバ、2はコア、3はクラッド、4は周期的変動部、Aは周期的変動部中の光軸上の任意の点Oを通りかつ前記任意の点を通る等位面Lに対して垂直な直線、Lは等位面、Mは周期的変動部中の光軸上の任意の点Oを通る直線であってかつ前記任意の点を通る等位面Lに対して垂直な直線Aと光軸Xとがなす平面であって偏角面とも言う。Oは周期的変動部中の光軸上の任意の点、Xは光軸、Yは偏角方向である。

【0023】この光導波路型フィルタにおいては、周期

6

的変動部4における偏角面Mの傾きは光ファイバ1の長手方向の位置によって変化しており、偏角方向Yは光ファイバ1の長手方向に光軸Xの周りに回転している。従って、偏角方向Yによって形成される包絡面は螺旋状の曲面となっている。この光導波路型フィルタの場合、偏角方向Yの光軸周りの変化角は周期的変動部の両端間で最も大きくなる。この偏角方向Yの変化角の最大角は90度とすることが、偏波依存性を小さくする上で好ましいが、光ファイバの捻回等の制限から90度までずらせることが困難である場合は、45度以上とし、出来るだけ60度以上とする。

【0024】また、図1に示す光導波路型フィルタは、図13に示す製造装置を利用して製造することが可能である。図13において、光ファイバ1を光軸周りに捻回させて配置し、その光ファイバ1に屈折率の周期的変動部4を傾斜させて形成する。その状態では、周期的変動部の偏角方向は光ファイバの長手方向の位置が変わっても常に一方を向いており、偏角面も一平面上にある。周期的変動部を形成した後、光ファイバ1の光軸周りの捻回を開放して捻回のない状態に戻す。そうすると、周期的変動部の偏角方向は、光ファイバの長手方向には光軸周りに回転した状態になり、偏角面も一平面上にある状態ではなくなり平面が長手方向に回転した状態になり、図1に示す光導波路型フィルタが形成される。

【0025】また、図13による従来技術の方法で製造した傾斜型FGを使って、それを光ファイバの光軸周りに捻回させてスリーブ等の固定部材で捻回が元に戻らないように固定することによって、図1に示す本発明の光導波路型フィルタと同様の機能を備えたものを形成することも可能である。

【0026】図2はその場合の捻回の状態を示す図であって、図2(A)は縦断面図、図2(B)は各箇所における横断面図である。図2(A)に示すように光軸周りの捻回によって、光ファイバ1の長手方向の位置によって偏角方向Yは変化する。なお、図3はこの方法で製造した光導波路型フィルタの固定方法を示す縦断面図である。図3の光導波路型フィルタでは、捻回させた光ファイバ1の周期的変動部4を形成した部分を固定部材9の空洞中に収容し、固定部材の貫通箇所9a、9bにおいて接着剤等で固定部材9に固定し、光ファイバ1の捻回が戻らないようにする。また、固定部材9の空洞は樹脂等で充填することもある。

【0027】また、光ファイバの捻回に当たって、光ファイバの偏波依存損失をモニターしながら捻回を行い、偏波依存損失が最小となったところで、光ファイバの捻回が戻らないように固定することで、より確実に偏波依存損失の小さい光導波路型フィルタを製造することが出来る。

【0028】図4は、本発明の光導波路型フィルタの他の実施形態を示す図であって、図4(A)は縦断面図、

(5)

特開2001-21738

7

図4(B)は光ファイバの長手方向の各位置での横断面図である。図4の光導波路型フィルタは、1本の光ファイバ1の長手方向3箇所に周期的変動部4a、4b、4cを形成したものであって、それぞれの周期的変動部4a、4b、4cの内部では偏角方向Yが一定方向を向いているが、4a、4b、4cの各周期的変動部間においては、偏角方向Yの方向が異なる。

【0029】このような光導波路型フィルタは、図13に示す方法によって、まず光ファイバ1の一部に周期的変動部4aを形成し、次いで光ファイバ1の紫外線照射位置を変えて、更に光ファイバ1を光軸周りに一定角度回転させて、次の周期的変動部4bを形成する。そして、そのような操作を繰り返して他の周期的変動部4cを形成することによって、それぞれの周期的変動部4a、4b、4cの偏角方向Yを変えることが出来る。

【0030】なお、図4では周期的変動部の数を3箇所としたものを示したが、周期的変動部の数をNとし、それぞれの周期的変動部の偏角方向を90度/(N-1)ずつずらせることによって、偏波依存性の少ない光導波路型フィルタを構成することが出来る。また、N箇の周期的変動部を配列する場合、偏角方向の配列順序は特に指定する必要はない。また、複数の周期的変動部の間隔は一定でなくても良いし、周期的変動部の周期、変動の大きさも必ずしも一定である必要はない。

【0031】図5は、本発明の光導波路型フィルタの他の実施形態を示す図であって、図5(A)は縦断面図、図5(B)は光ファイバの長手方向の各位置での横断面図である。図4の光導波路型フィルタでは、まず光ファイバ1a、1b、1cに対して、それぞれ屈折率等を変化させた従来技術による傾斜型FGと同様に図13に示す方法によって、周期的変動部4a、4b、4cを形成する。周期的変動部4a、4b、4cの内部での偏角方向は一定方向とする。

【0032】その後、それらの光ファイバ1a、1b、1cを直列に並べて、相互の偏角方向が異なるように光ファイバ1a、1b、1cを光軸周りに回転角を変えて回転させ、互いに端面を突き合せて突き合せ部10a、10bを融着接続する。この光導波路型フィルタの場合、図5では3本の光ファイバを融着接続するものとしたが、光ファイバの数をNとし、それぞれの周期的変動部の偏角方向を90度/(N-1)ずつずらせることによって、偏波依存性の少ない光導波路型フィルタを構成することが出来る。また、N本の光ファイバを配列する場合、偏角方向の配列順序は特に指定する必要はない。

【0033】図6は、本発明の光導波路型フィルタを用いた光ファイバ増幅器の例を示す図であって、11はエルビウムドープ光ファイバ、12は励起レーザ光源、13はカブラ、14はアイソレータ、15は光導波路型フィルタである。この光ファイバ増幅器では、一段の光フ

8

ィバ増幅器の出力側に光導波路フィルタ15を挿入して利得等価器として機能させているが、多段の光ファイバ増幅器の途中に光導波路型フィルタを挿入することも可能であるし、また、エルビウムドープ光ファイバとカブラとの間の励起光が流れる箇所に光導波路型フィルタを挿入し、不用の励起光を除去することも可能である。

【0034】以上、本発明の光導波路型フィルタとして、コアとクラッドからなる光ファイバに屈折率を周期的に変化させ周期的変動部を形成したものについて説明したが、光ファイバの周期的変動部は屈折率の周期的変化に限らず、コアの周期的外径変動等によっても波長選択型ロスフィルタとして機能させることが出来る。また、光ファイバの上には適当な被覆を設けて保護することも可能である。更に光ファイバ以外の平面導波路等の光導波路の場合でも、コアに周期的変動部を形成し、偏角方向を変えることによって本発明の適用が可能である。

【0035】

【実施例】「実施例1」及び「比較例」：比屈折率差0.35%、コア径8μm、クラッド径125μm、コア材質GeO<sub>2</sub>・SiO<sub>2</sub>、クラッド材質SiO<sub>2</sub>のステップインデックス型光ファイバを使って、室温にて200気圧の水素雰囲気下で2週間の前処理を行って光ファイバを準備し、その光ファイバに位相格子を介してエキシマレーザから波長248nmの紫外線を照射した。位相格子は格子ピッチ1.073~1.075μmで5mm長のものを使用し、位相格子の溝方向を光ファイバの光軸に対して直角方向から5度傾けてセットし、伝送波長の遮断量が3dBとなる時点で紫外線の照射を停止した。

【0036】そして出来上がった光ファイバそのままのもの、即ち捻回を与えないもの（これを比較例とする）と、光ファイバに30mm当たり1回転の捻回を与えて捻回が戻らないように固定部材に固定したもの（これを実施例1とする）を作り、それぞれ偏波依存損失（以下「PDL」と略称する。）、遮断量を測定した。その結果は図7に示す通りである。遮断量は両者共に同じであるが、PDLは比較例の場合は破線で示す値となり、実施例1の場合は実線で示す値となった。この結果から捻回を与えない従来技術による比較例のものはPDLの最大値が0.25dBであるのに対し、捻回を与えた本発明にかかる実施例1のものはPDLの最大値が0.06dBで大きく改善されていることが確認出来た。

【0037】「実施例2」：前記実施例1の照射前の光ファイバと同じ光ファイバを用い、光ファイバを30mm当たり1回転の割合で捻回させて位相格子と平行に配置し、位相格子を介して紫外線を照射した。位相格子及びエキシマレーザは実施例1と同じものを使用した。紫外線の照射は遮断量3dBの時点で停止した。そして照射後、光ファイバの捻回を元に戻した。その光導波路型

(6)

特開2001-21738

9

10

フィルタについて、遮断量、PDLを測定したところ、遮断量は3 dB、PDL最大値は0.05 dBで、この場合も従来技術による前記の比較例のものに比較してPDLが大きく改善されていることが確認出来た。

【0038】「実施例3」：前記実施例1の照射前の光ファイバと同じ光ファイバを用い、前記実施例1と同じ方法で位相格子を介して紫外線を照射した。そして、遮断量が1.5 dBとなったところで一旦紫外線の照射を停止し、光ファイバの照射位置を15 mmずらして、光ファイバを光軸周りに90度回転させ、再び紫外線を照射し、遮断量が3 dBとなった時点で紫外線照射を停止した。この光導波路型フィルタについて、遮断量、PDLを測定したところ、遮断量は3 dB、PDL最大値は0.01 dBで、従来技術による比較例と比較してPDLが大きく改善されており、実施例1、実施例2よりもPDLを低くすることが出来ることが確認出来た。

【0039】「実施例4」：前記実施例1の照射後の光ファイバと同じ光ファイバを2本準備し、一方を光軸周りに回転させて偏角方向を互いに光軸周りに90度ずらして配置し、突き合せ部に融着接続を行なった。この光導波路型フィルタについて、遮断量とPDLを測定した結果、遮断量は6 dB、PDL最大値は0.1 dBで、この場合も従来技術による比較例のものに比較してPDLが1/2以下に改善されていることが確認出来た。

【0040】「実施例5」：前記実施例1の照射前の光ファイバと同じ光ファイバを2本準備し、それぞれ位相格子を変えて紫外線照射を行なった。位相格子は格子ピッチ1.073~1.075 μmで5 mm長のもので、格子ピッチ1.077~1.079 μmで5 mm長のもので準備し、それぞれの光ファイバに使用した。なお、位相格子の傾きは両者共5度とした。また、それぞれ遮断量が3 dBとなった時点で紫外線の照射を停止した。また、エキシマレーザは実施例1とおなじものを使用した。出来上がった2本の光ファイバの一方を光軸周りに回転させて偏角方向を互いに90度ずらして配置し、突き合せ部に融着接続を行なった。

【0041】図8はその光導波路型フィルタを示す図であって、図8(A)は縦断面図、図8(B)はそれぞれの光ファイバの周期的変動部16a、16bの横断面図である。周期的変動部16a、16bはそれぞれの位相格子を介して紫外線を照射した部分であり、その偏角方向Yは光軸周りに互いに90度ずれている。また、17は融着接続された突き合せ部である。また、図9はその光導波路型フィルタの遮断量とPDLの結果を示すグラフであって、遮断量は5.2 dB、PDL最大値は0.11 dBであった。実施例4と比較すると、位相格子の格子ピッチを変えたものであっても、遮断量は少し減るが、PDLは殆ど変わらないことが分かる。

【0042】「実施例6」：前記実施例1の照射前の光

ファイバと同じ光ファイバを用い、その光ファイバの長手方向の4箇所それぞれ位相格子を介して紫外線を照射してそれぞれ周期的変動部を形成した。最初の2箇所は、格子ピッチ1.064~1.068 μm、長さ5 mmの位相格子を用い、その位相格子を5度傾けてそれを介して光ファイバに紫外線を照射した。1箇所目において遮断量3 dBで紫外線照射を一旦し、10 mm光ファイバをずらせた2箇所目において光ファイバを光軸周りに90度回転させて紫外線を照射し、遮断量が6 dBになったところで紫外線照射を停止した。

【0043】その後更に光ファイバを10 mmずらして3箇所目において、位相格子を格子ピッチ1.080~1.084 μm、長さ5 mmのものに変更して、位相格子を5度傾けてその位相格子を介して紫外線照射を行なった。3箇所目の紫外線照射は遮断量0.7 dBで停止し、更に光ファイバを10 mmずらして、かつ光ファイバを光軸周りに90度回転させ、同じ位相格子を使って遮断量が1.4 dBになるまで紫外線照射を行なった。なお、エキシマレーザは実施例1で使用したのと同じとした。

【0044】図10は、上記によって製作した光導波路型フィルタを示す図であって、図10(A)は縦断面図、図10(B)は各周期的変動部における横断面図である。なお、18a、18b、18c、18dはそれぞれ1~4箇所目の周期的変動部を示す。

【0045】このようにして出来た4箇所に周期的変動部を有する光導波路型フィルタの特性を測定したところ、図11に示す通り、遮断量は1530 nm付近に6 dBのピークを持ち、1555 nm付近に1.4 dBのピークを持つもので、PDL最大値は0.01 dBであった。

【0046】また、実施例6の光導波路フィルタを使って図6に示す光ファイバ増幅器を構成した。また、励起レーザ光源は波長1.48 μmのものを用いた。図11は光導波路型フィルタの特性と、光ファイバ増幅器における光導波路型フィルタの前後における利得相対値を示すグラフであって、利得相対値の破線は光導波路フィルタ挿入前の値を、実線は光導波路フィルタ挿入後の値を示す。実線の値から分かるように、本発明の光導波路型フィルタの挿入によって、20 nm以上の波長帯域で利得スペクトルを平坦化することが出来る。

【0047】

【発明の効果】本発明の光導波路型フィルタは、周期的変動部に光軸に対する傾きをもたせ、かつ光軸と前記等位面に対する垂直な直線とがなす平面即ち偏角面が光導波路の長手方向の位置によって同一平面でない部分を有せしめることによって、偏角方向の偏波と偏角方向に対して垂直方向の偏波とに対する遮断特性の差を光導波路の長手方向に打ち消し合うようにしたものであって、遮断特性の偏波依存性の小さい波長選択型ロスフィルタと

50

(7)

特開2001-21738

11

12

することが出来る。

【0048】光導波路の長手方向の位置によって偏角方向を変える方法として、まず偏角方向が変化しない傾斜型FGを作って、それを光導波路の長手方向に捻回させることによって、光導波路の長手方向に偏角方向を変える方法と、まず光導波路の一部を捻回させて、その捻回部分に偏角方向が変化しない傾斜型FGを形成し、その後捻回を元に戻して偏角方向を光導波路の長手方向に変化させる方法があるが、これらの製造方法は、いずれも従来技術による傾斜型FGの製造方法を大きく変更することなく適用が可能である。

【0049】また、光導波路の長手方向に偏角方向の変化しない傾斜型FGを複数個作って、それらを互いに偏角方向が異なるように光軸周りの回転角を変えて回転させて、互いに融着接続して1本の光導波路とすることによっても、本発明の長手方向に偏角方向が変化した光導波路型フィルタを形成することが出来るが、この方法によれば、光ファイバを光軸周りに捻回させる場合に比較して、偏角方向の変化をより大きくし、偏波依存性をより小さくした光導波路型フィルタを形成することが出来る。

【0050】更に、光導波路の長手方向に一部に偏角方向の変化しない周期的変動部を形成し、そこから長手方向に離れた箇所において光導波路を光軸周りに回転させて、前の周期的変動部の偏角方向とは異なる偏角方向を有する周期的変動部を形成し、このような操作を複数回繰り返すことによって、光導波路の長手方向に互いに偏角方向の異なる周期的変動部を複数箇所形成することで、長手方向に偏角方向が変化した光導波路型フィルタを形成することも出来るが、この方法は融着接続することなく、偏角方向のずれを大きくすることが可能であるので、極めて偏波依存性の小さい光導波路型フィルタを形成することが出来る。

【0051】また、本発明にかかる光導波路型フィルタを光ファイバ増幅器の回路中に挿入することによって、利得等価器として作用させ、大きな波長幅でスペクトル特性を平坦化することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光導波路型フィルタの実施形態を示す図であって、(A)は縦断面図、(B)はP、Q、R、Sの各位置における横断面図である。

【図2】本発明にかかる光導波路型フィルタ製造時の捻回の状態を示す図であって、(A)は縦断面図、(B)は各箇所における横断面図である。

【図3】図2に示す方法で製造した光導波路型フィルタの固定方法を示す縦断面図である。

【図4】本発明の光導波路型フィルタの他の実施形態を示す図であって、(A)は縦断面図、(B)は光ファイバの長手方向の各位置での横断面図である。

【図5】本発明の光導波路型フィルタの他の実施形態を

示す図であって、(A)は縦断面図、(B)は光ファイバの長手方向の各位置での横断面図である。

【図6】本発明の光導波路型フィルタを用いた光ファイバ増幅器の例を示す図である。

【図7】本発明の実施例1及び比較例の特性を示すグラフである。

【図8】実施例5に示す本発明の光導波路型フィルタを示す図であって、(A)は縦断面図、(B)はそれぞれの光ファイバの周期的変動部の横断面図である。

【図9】図8に示す光導波路型フィルタの特性を示すグラフである。

【図10】実施例6に示す本発明にかかる4箇所の周期的変動部を有する光導波路型フィルタを示す図であって、(A)は縦断面図、(B)は各周期的変動部における横断面図である。

【図11】図10にかかる光導波路型フィルタの特性と、それを用いた光ファイバ増幅器における利得相対値を示すグラフである。

【図12】従来技術による傾斜型光ファイバグレーティングの一例を示す図であって、(A)は縦断面図、(B)は横断面図、(C)は斜視図である。

【図13】傾斜型光ファイバグレーティング(傾斜型FG)の製造方法の主要部を示す図であって、(A)は斜視図、(B)は横断面図である。

【符号の説明】

1: 光ファイバ

2: コア

3: クラッド

4、4a、4b、4c、16a、16b、18a~18

30 d: 周期的変動部

5: 位相格子

6: 格子面

7: エキシマレーザ

8: 紫外線

9: 固定部材

9a、9b: 貫通箇所

10a、10b、17: 突き合せ部

11: エルビウムドープ光ファイバ

12: 励起レーザ光源

40 13: カブラ

14: アイソレータ

15: 光導波路型フィルタ

A: 等位面に対する垂直な直線

L: 等位面

M: 偏角面(直線Aと光軸Xとがなす平面)

O: 周期的変動部中の光軸上の任意の点

X: 光軸

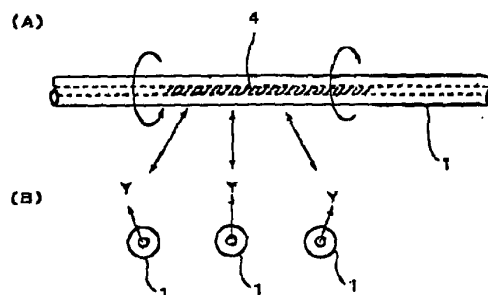
Y: 偏角方向

$\theta$ : 傾斜角

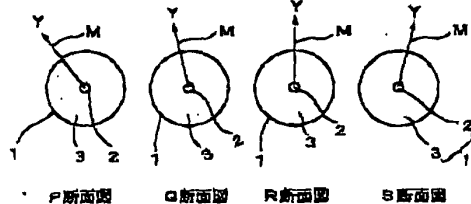
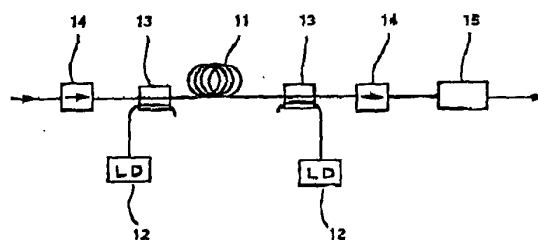


特開 2001-21738

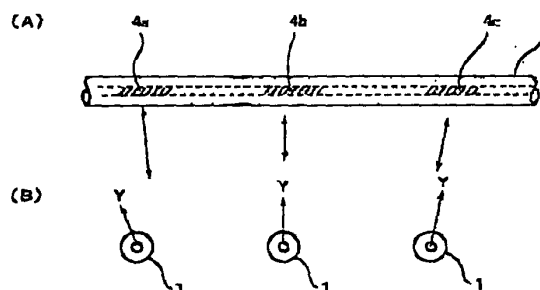
【圖 2】



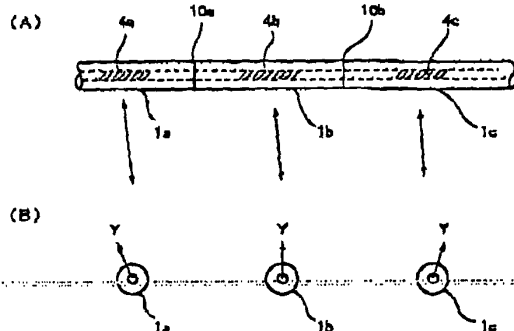
【图 6】



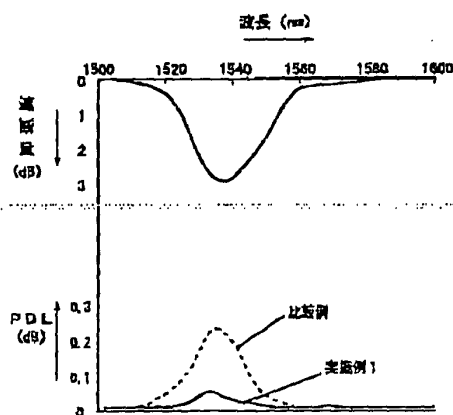
【图 3】



【圖 5】



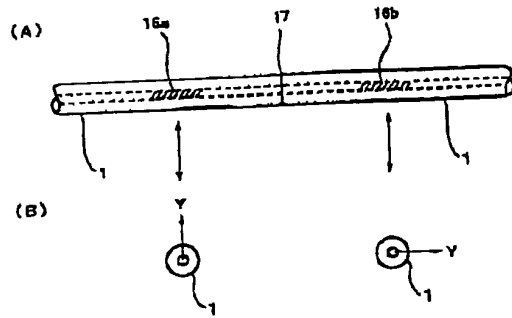
【圖 7】



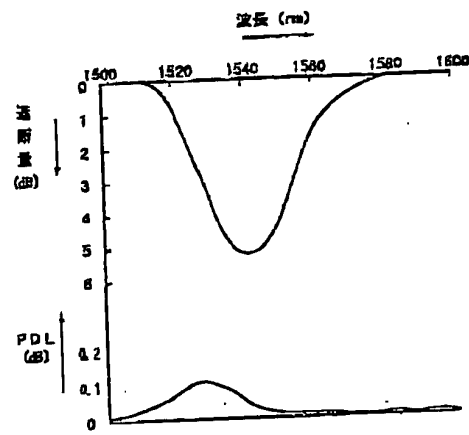
特開 2001-21738

(9)

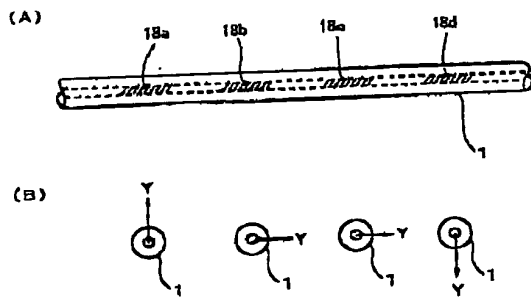
【図8】



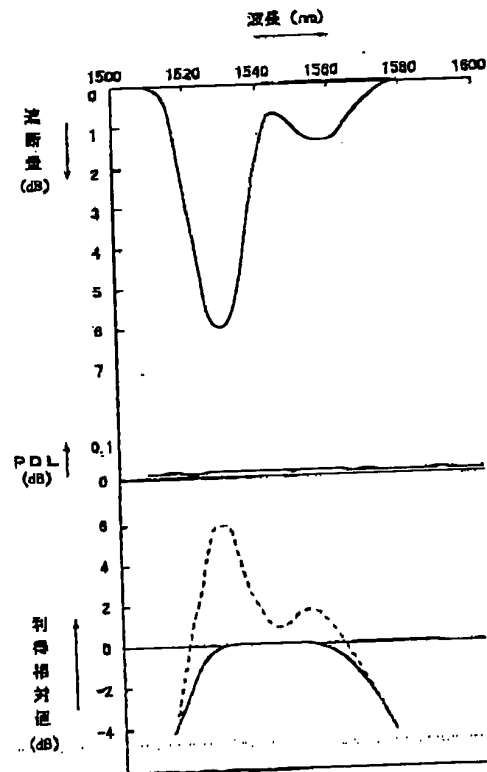
【図9】



【図10】



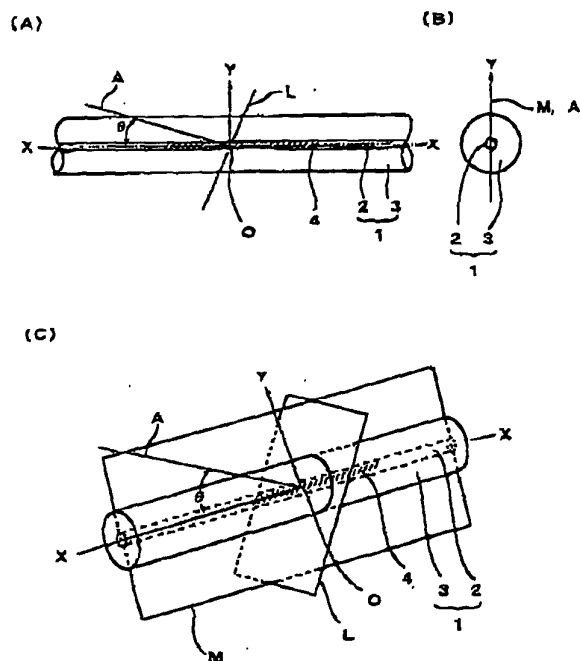
【図11】



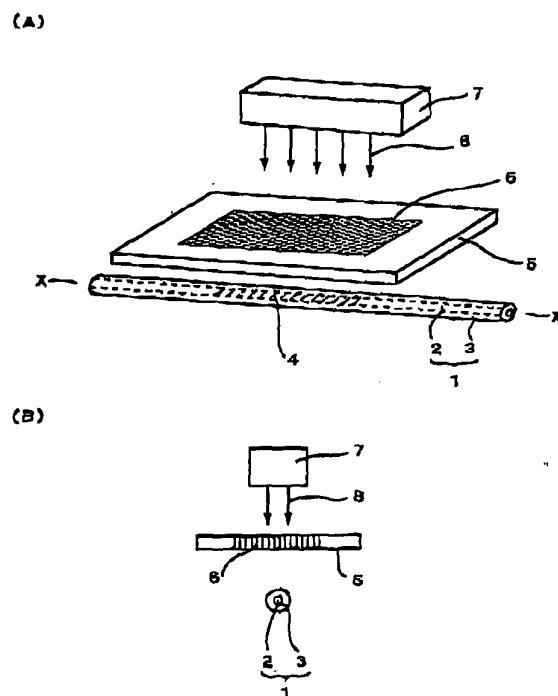
(10)

特開2001-21738

【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 茂原 政一

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 春本 道子

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

Fターム(参考) 2H038 BA25

2H050 AB04Y AB05X AC82 AC84

AD00

5F072 AB09 AK06 KK07 YY17